Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 2, May-June 2020, p. 287-300

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۹، ص. ۳۰۰-۲۸۷

مقاله علمی-پژوهشی

پهنه‌بندی شهرستان‌های استان کرمانشاه بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده زراعی

نسرین افشار بکشلو[1]- کیومرث زرافشانی[2*]- بهمن فرهادی بانسوله[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰

چکیده

استان کرمانشاه با دارا بودن حدود یک میلیون هکتار اراضی زراعی و باغی، یکی از قطب‌های عمده کشاورزی کشور است که با برخورداری از رتبه‌های متعدد در سطح و تولید محصولات زراعی، نقش مهمی در تامین امنیت غذایی و اقتصاد دارد. با این‌حال مصرف بی‌رویه آب در بخش کشاورزی منجر به مخاطره افتادن ذخایر آبی و ایجاد دشت‌های ممنوعه از جمله دشت ماهیدشت، اسلام‌آباد و کنگاور گردیده که به زودی با پدیده‌هایی همچون فرونشست زمین و فروچاله‌ها مواجه خواهند شد. تحلیل مقدار و ارزش واقعی آب مورد استفاده در تولید که معادل آب مجازی است می‌تواند راهکاری موثر در جهت حفظ منابع آب و ممانعت از بروز بحران‌های زیست محیطی باشد. لذا در این مطالعه، مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده زراعی استان شامل گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، نخود دیم، ذرت دانه‌ای، چغندرقند و گوجه‌فرنگی طی سال زراعی ۹۴-۹۳ با استفاده از نرم افزارهایCROPWAT، AGWAT و EXCEL مورد تحلیل قرار گرفت. روش تحقیق این مطالعه به روش کمی از نوع پژوهش‌های اسنادی است. مطابق نتایج، بیشترین و کمترین مقدار آب مجازی به ترتیب مربوط به محصول گندم آبی و گوجه‌فرنگی بوده و همچنین بیشترین و کمترین ارزش آب مجازی به ترتیب مربوط به محصولات نخود دیم و جو دیم می باشد. با بررسی سهم آب مجازی سبز و آبی، مناسبترین مناطق تولید محصولات مورد مطالعه تعیین گردید. به طور مثال مطابق نتایج، محصول گندم آبی در شهرستان جوانرود با کمترین سهم آب مجازی آبی تولید می شود. در مرحله بعدی، شهرستان‌ها بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصولات مورد مطالعه در بین کلاس A تا I پهنه‌بندی شدند. علیرغم اینکه مطابق نتایج پهنه‌بندی محصولات گندم آبی، جو آبی، گندم دیم، جو دیم و نخود دیم در اغلب شهرستانها در وضعیت مطلوبی قرار ندارند اما با توجه به اهمیت این محصولات در امنیت غذایی کشور باید با اتخاذ راهکارهای مناسب فنی و حمایتی نسبت به بهبود جایگاه آنها اقدام نمود. نتایج این مطالعه می‌تواند دستاوردهای مهمی برای مدیریت منابع آبی کشور و به ویژه استان کرمانشاه به همراه داشته باشد. به عبارت دیگر، پهنه‌بندی مناطق بر اساس آب مجازی در تعیین الگوی‌کشت پایدار توام با مدیریت منابع آبی منطقه، تاثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، آب مجازی آبی، آب مجازی سبز، ارزش آب مجازی، پهنه‌بندی

مقدمه

امروزه کشاورزی به عنوان اصلی‌ترین بخش تأمین کننده نیازهای غذایی مردم جهان محسوب می‌شود به طوری که کشورها تلاش می‌کنند با تقویت این بخش، ضمن افزایش ضریب خودکفایی تأمین محصولات اساسی، صادرات این محصولات را نیز افزایش دهند. رشد جمعیت و نیاز روز افزون به مواد غذایی، منجر به تشدید تلاش کشورها در جهت افزایش سطح و تولید محصولات کشاورزی شده است به گونه‌ای که اکنون دستیابی به رتبه‌های برتر در تولید محصولات کشاورزی، یکی از شاخص‌های ارزیابی توسعه اقتصادی، محسوب می‌شود.

بخش کشاورزی استان کرمانشاه نیز با مصرف حداکثری آب همچون دیگر مناطق کشور این نهاده ارزشمند را به بهای بسیار ناچیزی در اختیار دارد و به عنوان یکی از قطب‌های عمده کشاورزی کشور از رتبه‌های متعدد کشوری از جمله رتبه سوم عملکرد در واحد سطح گندم آبی، رتبه پنجم سطح گندم آبی، رتبه اول سطح و رتبه دوم تولید نخود، رتبه دوم عملکرد ذرت، رتبه سوم عملکرد چغندر قند،

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: zarafshani2000@yahoo.com)
۳- استادیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

DOI: 10.22067/jsw.v34i2.80866

رتبه اول سطح جو، رتبه سوم سطح و تولید ذرت دانه‌ای، رتبه چهارم در سطح و تولید چغندر قند و رتبه هشتم در تولید گوجه‌فرنگی در کشور برخوردار است (۱۸). مصرف بی‌رویه آب در استان به طور قطع موجب وقوع بحران‌های زیست محیطی خواهد شد. کما اینکه طی چند سال اخیر به دلیل الگوی نادرست مصرف آب تعداد زیادی از دشت‌های استان به محدوده ممنوعه تبدیل شده‌اند که وسعت این دشت‌های ممنوعه در حال افزایش است و چنانچه روند مصرف منابع آب‌های زیرزمینی همینگونه ادامه پیدا کند، به طور حتم شاهد فرونشست در دشت‌های استان خواهیم بود (۲۶). فرونشست زمین پدیده‌ای است که علت آن تداوم کشت محصولات آب‌بر و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در سال‌های اخیر پدیده فرونشست زمین در ارتباط با افت سطح آب‌های زیرزمینی در بسیاری از دشت‌های کشور از جمله دشت سیرجان و زرند استان کرمان، دشت اردکان استان یزد، دشت کبودرآهنگ استان همدان و دشت شهریار استان تهران گزارش شده است (۱۹). لذا پیشگیری از وقوع این بحران در استان کرمانشاه نیز قطعا نیازمند چاره‌اندیشی است. امروزه محققین و پژوهشگران بسیاری بر بازنگری در رویکردهای مدیریتی منابع آب تاکید دارند و رویکرد پیشنهادی ایشان، رویکرد مدیریتی آب مجازی است (۱). بنا به تعریف آلن، آب مجازی، آب مصرفی یک محصول طی فرآیند تولید است تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن برابر جمع کل آب مصرفی زنجیره تولید از آغاز تا پایان تولید محصولات زراعی یا صنعتی می‌باشد (۲۷). پژوهش و مطالعه در خصوص وضعیت آب مجازی می‌تواند در تعیین الگوی کشت پایدار و حفاظت از منابع ارزشمند آبی بسیار اثربخش باشد. قرار داشتن استان کرمانشاه در محدوده آب و هوایی نیمه‌خشک کشور و وقوع خشکسالی‌های متعدد در استان طی سال‌های اخیر با خشکسالی‌های متعدد، اهمیت پرداختن به مساله آب مجازی را صدچندان نموده است. لذا انجام این مطالعه با پهنه‌بندی شهرستانهای استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده زراعی می‌تواند در تعیین الگوی کشت پایدار و همچنین مدیریت منابع آبی مؤثر بوده و از وقوع بحران‌های زیست محیطی در استان پیشگیری نماید.

مطالعات متعددی در خصوص آب مجازی در دنیا و کشور انجام گرفته است. آلن از مفهوم آب مجازی به عنوان یک راه حل راهبردی برای کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا استفاده نموده است (۲۷). مطابق نتایج مطالعات حدود ۱۵ درصد آب مورد مصرف در جهان به شکل آب مجازی صادر می‌شود. از کل مقدار آب مجازی مرتبط با تجارت جهانی، ۶۷درصد مرتبط با محصولات زراعی و ۲۳ درصد مرتبط با محصولات دامی بوده و فقط ۱۰درصد مرتبط با محصولات صنعتی است (۷). امیدی و همایی (۲۲) با بررسی جریان آب مجازی محصول گندم در استان فارس و مقایسه آن با کل‌کشور در یک دوره ده‌ساله عنوان نمودند علی‌رغم اینکه استان فارس طی سال‌های مطالعه، بیشترین تولید گندم آبی را به خود اختصاص داده اما مصرف آب بالایی هم داشته است. لذا تغییر کاربری اراضی از دیم به آبی در راستای افزایش تولید در این استان، بدون توجه به اقلیم منطقه، سبب افزایش آب مجازی و هزینه‌ها گردیده است و ادامه چنین وضعیتی توجیه علمی، اقتصادی و زیست محیطی ندارد. درمطالعه بذر افشان و گرگانی نژاد (۸) نتایج بررسی تغییرات زمانی و مکانی آب مجازی و ردپای آب در محصول گوجه‌فرنگی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی طی ۱۵ سال (۱۳۹۵-۱۳۸۱) در استان هرمزگان، نشان داد متوسط آب مجازی در تولید گوجه‌فرنگی استان ۰/۹۳ متر مکعب در کیلوگرم بوده که بیشترین و کمترین مقدار آن مربوط به شهرستان جاسک و بستک است. زارع ابیانه و همکاران (۳۱) نیز در پژوهشی با بررسی حجم آب مجازی شش محصول مهم زراعی استان همدان، محصولات کم‌مصرف و پرمصرف را شناسایی نمودند. همچنین با مطالعه مقادیر آب مجازی استان همدان، اعلام نمودند که با سیاست‌های مناسب می‌توان از صادرات حجم زیادی از منابع آب به صورت مجازی، جلوگیری نمود. همچنین مطابق نتایج پژوهش میرچولی و همکاران (۲۰) با توجه به میزان آب مجازی در محصولاتی نظیر نخودفرنگی و برنج به نظر می‌رسد با کاهش سطح زیرکشت این محصولات و جایگزینی محصولاتی با هزینه فرصت بالاتر می‌توان سود حاصل از واردات و صادرات آب مجازی را بیشینه نمود. در بررسی میزان آب مجازی گندم آبی و دیم در شهرستان‌های استان فارس توسط رجحانی شیرازی (۲۳) مشخص گردید، میزان آب مجازی کشت گندم آبی و دیم در استان فارس طی سال‌های مختلف، بسیار بالاتر از استاندارد جهانی است. لذا مطابق برآورد میزان و ارزش آب مجازی می‌توان نسبت به پهنه‌بندی الگوی کشت اقدام نمود. از طرفی با توجه به اینکه آب مجازی از دو بخش عمده آب سبز و آب آبی تشکیل شده است، لذا تفکیک آن اطلاعات ارزشمندی را در اختیار برنامه‌ریزان بخش کشاورزی قرار می‌دهد. مطابق تعریف، آب آبی[1] شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه بوده و تنها منبع آب است که می‌تواند در صنعت نیز مورد استفاده قرار گیرد. این در حالی است که آب سبز [2] شامل رطوبت خاک بوده که قابل استفاده مستقیم برای انسان و جانوران نمی باشد، اما توسط گیاهان به راحتی استفاده می‌شود و منبع مناسب و جایگزین برای آب آبی است. خصوصا با توجه به کم آبی‌های اخیر، منابع آب سبز جایگزین مناسبی برای کشاورزی محسوب می شود. به‌عبارتی در راستای کشاورزی پایدار باید بیشتر برکشاورزی دیم و استفاده از آب سبز، تمرکز شود، به این ترتیب، آب آبی بیشتری، حفظ شده و برای مصارف آشامیدنی بکار برده می‌شود

1- Blue water
2- Green water

(۲). چاپاگین و هوکسترا (۹) به این نتیجه رسیدند که برای محاسبه مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی، صنعتی و ... مصارف مستقیم و غیرمستقیم از منابع آب اعم از باران، آب سطحی یا آب زیرزمینی در محاسبات مورد توجه قرار گیرد (۱۴). ونهام (۲۸) نیز در مطالعه خود در خصوص ارزیابی وضعیت تعادل آب مجازی محصولات کشاورزی در حوضه رودخانه‌های اتحادیه اروپا بر تحلیل تفکیکی آب آبی و آب سبز تاکید نموده است. همچنین مطابق نتیجه مطالعه آلدیا و همکاران (۳) بیشترین سهم آب مجازی گندم، ذرت و سویا مربوط به آب سبز است که به روش دیم کشت شده و از ایالات متحده، کانادا، استرالیا و آرژانتین صادر می‌شوند (۲۷). مطابق نتایج مطالعه یانگ و ژندر (۲۹) در برخی کشورها تقریباً تمامی آب مجازی محصولات صادراتی، از منابع آب سبز، تأمین شده است. بر اساس مطالعات فادر و همکاران (۱۳) در میان ۱۰ کشور جهان، ایران و پاکستان، پرمصرف‌ترین کشورها از نظر آب آبی بوده و در مقابل، کشورهای ایالات متحده آمریکا و هندوستان در بخش آب سبز، پرمصرف می‌باشند که نشانگر استفاده بهتر این کشورها از مزارع دیم و حفظ منابع آب می باشد (۱۴). طبق نتایج مطالعات هوکسترا و مکنون (۱۷) ایران، صادرات آب آبی و واردات آب سبز دارد و این بدان معناست که منابع آب ارزشمند خود را صادر می‌کند و منابع کم ارزش‌تر آب سبز را از سایر کشورها، وارد می‌کند (۱۱). ژانگ و همکاران (۳۱) نیز طی یک دوره ۹ ساله (۲۰۱۰- ۲۰۰۲) به برآورد میزان آب مجازی سبز و آبی پنج محصول اصلی در استان گانسو کشور چین پرداختند. در این مطالعه بر اساس میزان و ارزش آب مجازی به اولویت‌بندی مکانی کشت محصولات غالب منطقه در سه کلاس خوب، متوسط و ضعیف، اقدام گردیده است. همچنین بر اساس مطالعه علیقلی نیا و همکاران (۴) در خصوص تخمین و ارزیابی ردپای آب آبی و سبز محصولات عمده مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، دو محصول ذرت علوفه‌ای و چغندرقند، بالاترین نسبت آب آبی به سبز را داشته‌اند. نتایج پژوهش سالاری و همکاران (۲۴) با موضوع بررسی آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان، همچنین مطالعه آب مجازی استان هرمزگان، توسط بابازاده و سرائی تبریزی (۶) موید این مسئله است که آب سبز، سهم ناچیزی در فرایند تولید محصولات در کشور دارد. لذا لازم است با اتخاذ یک رویکرد جدید الگوی کشت به سمت استفاده بیشتر از منابع آب سبز هدایت شود. روش‌های مختلفی جهت محاسبه آب مجازی سبز و آبی وجود دارد که هرکدام از روش‌های مزبور به شرط در اختیار داشتن داده‌های مورد نیاز، قابل استفاده می باشند. به طورکلی بررسی متون داخل و خارج از کشور نشان می دهند که تحلیل وضعیت آب مجازی به عنوان یک راهکار نوین مورد توجه قرار گرفته است در برخی مطالعات مقدار آب مجازی فارغ از ارزش ریالی آن مورد توجه قرار گرفته است و یا اینکه صرفا آب مجازی محصولات آبی تحلیل گردیده است. در این مطالعه ضمن برآورد سهم آب مجازی سبز و آبی، مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده استان کرمانشاه شامل محصولات دیم و آبی، ملاک پهنه‌بندی شهرستانهای استان قرار گرفت. لذا نتایج این مطالعه، تحلیل کامل‌تری در خصوص وضعیت آب مجازی استان کرمانشاه در اختیار برنامه‌ریزان قرار خواهد داد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه روش کمی از نوع پژوهش‌های اسنادی است. روش پژوهش اسنادی شامل دامنه گسترده‌ای از فعالیت‌هایی است که تحلیل منابع و مدارک را با سازماندهی بیشتر، تسهیل می‌کند. این روش، جهت تحلیل مدارک تاریخی و متون سازمانی نظیر گزارش‌ها، صورت جلسات، تفاهم نامه‌ها و ... همچنین متون دیجیتالی شامل بانک‌های اطلاعاتی، صفحات وب، ایمیل‌ها و غیره به کار می‌رود (۱۶). داده‌های تحقیق از نوع داده‌های دسته دوم بوده و از منابع مختلف شامل سایت اطلاعات فائو، بانک آمار سازمان جهاد کشاورزی، سازمان هواشناسی استان، مرکز تحقیقات کشاورزی استان، مدیریت آب و خاک و مدیریت زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان، نشریه "قیمت فروش محصولات و هزینه خدمات کشاورزی در مناطق روستایی کشور" جمع آوری گردید. همچنین از نرم‌افزارهای مختلف شامل نرم‌افزارهای CROPWAT، AGWAT و EXCEL و فرمول‌های مرتبط استفاده شد.

در این مطالعه آب مجازی به تفکیک شهرستان برای محصولات زراعی عمده استان طی سال زراعی ۹۴-۹۳ با استفاده از رابطه (۱) برآورد گردید.

$$VWC = (Ir + P_e)/ Y \quad (۱)$$

در این رابطه VWC معادل میزان آب مجازی (متر مکعب بر کیلوگرم محصول)، Ir نیاز ناخالص آبیاری (متر مکعب در هکتار)، Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) و P_e بارش مؤثر (متر مکعب در هکتار) می باشد. نیاز ناخالص آبیاری از طریق محاسبه نسبت نیاز خالص آبیاری به راندمان آبیاری از طریق رابطه (۲) برآورد شد.

$$Ir = Ir_n / Efficiency \quad (۲)$$

نیاز خالص آبیاری به عنوان مولفه اصلی موردنیاز در محاسبه آب مجازی مطابق رابطه (۳) و از طریق کسر میزان بارندگی مؤثر از تبخیر و تعرق گیاهی (نیاز آبی گیاه) محاسبه گردید.

$$Ir_n = (Et_c - P_e) \quad (۳)$$

Ir_n: معادل نیاز خالص آبیاری و ET_c: معادل نیاز آبی گیاه یا تبخیر و تعرق گیاه (متر مکعب بر هکتار) می‌باشد.

نیاز آبی گیاه بر اساس مقادیر ماهیانه تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی در مراحل رشد محصولات با استفاده از رابطه (۴) برآورد گردید.

$$ET_c = Kc \times ET_o \quad (۴)$$

ET_o معادل تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (متر مکعب بر هکتار) و Kc: معادل ضریب گیاهی می‌باشد.

در این مطالعه به منظور برآورد تبخیر و تعرّق گیاه از نرم‌افزار کراپ‌وات و روش پنمن مانتیث استفاده گردید. روش پنمن- مانتیث از معتبرترین روش‌ها برای تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل محسوب می‌گردد (۵). فائو در نشریه ۵۶، روش پنمن مانتیث را به عنوان روش استاندارد برآورد تبخیر و تعرّق گیاه مرجع معرفی نمود. داده‌های الزامی نرم‌افزار کراپ‌وات شامل داده‌های هواشناسی، داده‌های زراعی و داده‌های مربوط به خصوصیات خاک، جمع‌آوری و پردازش شد. در خروجی نرم افزار کراپ‌وات، میزان تبخیر و تعرق، بارش مؤثر مورد نیاز برای هر محصول در هر شهرستان تعیین گردید. نهایتا با استفاده از رابطه (۱) میزان آب مجازی هر محصول در شهرستان‌ها محاسبه و در ادامه میزان آب مجازی سبز و آبی برآورد گردید.

برآورد میزان آب مجازی سبز و آبی

آب مجازی مطابق مطالعات ژانگ و همکاران (۳۱) شامل آب مجازی سبز و آب مجازی آبی است. آب مجازی آبی از طریق محاسبه نسبت نیاز آبیاری به عملکرد محصول و آب مجازی سبز با محاسبه نسبت میزان بارش موثر به عملکرد محصول مطابق رابطه‌های (۵) و (۶) برآورد شد.

$$VWC_{green}= P_e/ Y \quad (۵)$$

$$VWC_{blue}= Ir / Y \quad (۶)$$

در نهایت مقدار کل آب مجازی و هم‌چنین مقادیر و سهم آب‌مجازی سبز و آبی به تفکیک محصول در شهرستان‌های استان برآورد گردید.

محاسبه ارزش آب مجازی (UWV)

با توجه به اینکه صرفا بر اساس مقدار آب مجازی مصرفی نمی‌توان در مورد محصول بهینه قضاوت کرد، لذا به محاسبه ارزش و یا سوددهی واحد آب مجازی برای هر محصول اقدام گردید. به این ترتیب محصولی که به ازای مصرف یک واحد آب مجازی، ارزش ریالی بیشتری را ایجاد نماید به عنوان محصول بهینه، انتخاب می‌شود (۱۹). ارزش آب مجازی توسط رابطه (۷) و از تقسیم قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم) به میزان آب مجازی صرف‌شده برای تولید آن محصول محاسبه شد (۳۱).

(۷) مقدار آب مجازی / قیمت محصول = ارزش واحد آب مجازی

در مرحله بعد محصولات بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی مطابق جدول ۱ در سه سطح طبقه‌بندی شدند. محصولات سطح (۱) با مقدار آب مجازی کمتر از یک مترمکعب در کیلوگرم از محصولات کم مصرف محسوب می‌شوند. محصولات سطح (۲) با مقدار آب مجازی بین یک تا سه مترمکعب در کیلوگرم جزء محصولات با مصرف متوسط و محصولات سطح (۳) با مقدار آب مجازی بیشتر از سه مترمکعب در کیلوگرم باشد در گروه محصولات پرمصرف قرار گرفتند (۱۵).

جدول ۱- طبقه‌بندی محصولات بر اساس سطوح مقدار آب مجازی

Table 1- Classification of products based on levels of virtual water content

سطح Level	مقدار آب مجازی (متر مکعب/کیلوگرم) VW (m^3/kg)
1	VW< 1
2	1 <VW < 3
3	VW > 3

همچنین به منظور سطح‌بندی ارزش آب مجازی ابتدا میانگین و انحراف معیار مقادیر ارزش آب مجازی هر محصول محاسبه شد سپس با استفاده از روش فاصله انحراف از میانگین مطابق رابطه‌های (۸) و (۹) مقادیر حداکثر و حداقل ارزش آب مجازی تعیین و نهایتا داده‌ها مطابق جدول ۲ در سه سطح شامل سطح (۱) با ارزش بالا، سطح (۲) با ارزش متوسط و سطح (۳) با ارزش پایین طبقه‌بندی شدند.

$$X_1\text{:Mean+1/2Sd} \quad (۸)$$

$$X_2\text{:Mean-1/2Sd} \quad (۹)$$

جدول ۲- طبقه‌بندی محصولات بر اساس سطوح ارزش آب مجازی

Table 2- Classification of products based on levels of virtual water value

سطح Level	ارزش آب مجازی UVW(m_3/Rial)
1	UVW > X1
2	X_1 <UVW < X_2
3	UVW < X_2

در نهایت به منظور اولویت‌بندی مکانی کشت محصولات از ترکیب شاخص‌های VW و UWV استفاده شد (۳۱). بر این اساس مطابق جدول ۳ در ستون اول مقدار آب مجازی (شاخص VW) و در ستون دوم ارزش آب مجازی (شاخصUWV) اولویت قرار گرفت و مناطق بر اساس اولویت ها در کلاس‌های A تا I پهنه‌بندی گردید. کلاس A ایده‌آل‌ترین وضعیت و با مفهوم حداقل مقدار آب مجازی و حداکثر ارزش آب مجازی، کلاس I نامطلوب‌ترین وضعیت و به مفهوم حداکثر مقدار آب مجازی و حداقل ارزش آب مجازی و همچنین کلاس D به مفهوم متوسط مقدار و ارزش آب مجازی است. سایر کلاس‌ها نیز بر اساس اولویت ستون‌ها تعیین می‌گردد. به طور مثال کلاس B درستون با اولویت VW دارای مقدار حداقل آب

مجازی (VW_1) و مقدار متوسط ارزش آب مجازی (UVW_2) است. کلاس مزبور در جدول با اولویت UWV دارای حداکثر ارزش آب مجازی (UVW_1) و مقدار متوسط مقدار آب مجازی (VW_2) می‌باشد.

جدول ۳- اولویت‌بندی مکانی کشت محصولات بر اساس ترکیب شاخص‌های VW و UWV

Table 3- Spatial Prioritization of Cultivation of Products Based on the Combination of VW and UWV

کلاس Class	اولویت‌بندی با ارجحیت مقدار آب مجازی Prioritize with virtual water preference	اولویت‌بندی با ارجحیت ارزش آب مجازی Prioritize with virtual water value preference
A	VW_1 - UVW_1	UVW_1 - VW_1
B	VW_1 - UVW_2	UVW_1- VW_2
C	VW_2 - UVW_1	UVW_2 - VW_1
D	VW_2 - UVW_2	UVW_2- VW_2
E	VW_1 – UVW_3	UVW_1 – VW_3
F	$VW_۲$– $UVW_۳$	UVW_2 – VW_3
G	VW_3 - UVW_1	UVW_3 - VW_1
H	$VW_۳$- UVW_2	UVW_3 – VW_2
I	VW_3 – UVW_3	UVW_3 – VW_3

نتایج و بحث

در بخش اول، مقادیر آب مجازی محصولات همچنین سهم هر یک از اجزای آب مجازی در تامین نیاز آبی هر محصول به تفکیک شهرستان‌ها ارائه شده است. مطابق جدول ۴ میزان آب مجازی محصول گندم آبی در شهرستان‌های استان بین ۱,۹۶ تا ۳,۶۸ متر مکعب بر کیلوگرم قرار دارد. بیشترین سهم آب مجازی آبی در تولید این محصول مربوط به شهرستان هرسین و کمترین درصد آب مجازی در شهرستان جوانرود می‌باشد. به‌عبارتی شهرستان جوانرود بیشترین درصد سهم آب سبز معادل ۳۸,۴ درصد را در تولید این محصول به خود اختصاص داده است.

جدول ٤- آب مجازی گندم آبی در استان کرمانشاه (متر مکعب بر کیلوگرم)

Table 4- Virtual water of wheat in Kermanshah province (m^3/kg)

	واحد	کرمانشاه Kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kangavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
آب مجازی Virtual water	(مترمکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	3.50	3.05	3.62	3.68	2.63	3.15	2.14	1.99	3.23	2.50	1.96	2.19
سهم آب مجازی آبی Share of blue virtual water	%	88.6	81.9	88.6	89.6	79.9	85.8	61.6	69.7	71.3	79.9	82.1	82.1
سهم آب مجازی سبز Share of green virtual water	%	11.4	18.1	11.4	10.4	20.1	14.2	38.4	30.3	28.7	20.1	17.9	17.9

مطابق جدول ۵ میزان آب مجازی محصول چغندرقند بهاره بین ۰,۴۳۷تا ۰,۶۲۴ متر مکعب بر کیلوگرم در بین شهرستان‌های استان می‌باشد. بررسی درصد آب مجازی سبز و آبی در تولید چغندرقند مطابق شکل ۲ نشان داد که سهم آب مجازی آبی این محصول در اغلب شهرستان‌های استان حدود ۱۰۰ درصد می‌باشد. به عبارت دیگر این محصول تقریبا تمام نیاز آبی خود را از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تامین می‌کند.

مطابق جدول ۶ میزان آب مجازی محصول جوآبی بین ۱,۱۹ تا ۳,۰۲ متر مکعب بر کیلوگرم در بین شهرستان‌های استان محاسبه گردید. همچنین بررسی درصد آب مجازی سبز و آبی نشان داد کمترین سهم آب مجازی آبی این محصول مربوط به شهرستان قصرشیرین و بیشترین سهم آب مجازی آبی در شهرستان صحنه می‌باشد.

جدول ۵- آب مجازی چغندرقند بهاره در استان کرمانشاه (متر مکعب بر کیلوگرم)

Table 5- Virtual water of spring sugarbeet in Kermanshah province (m^3/kg)

	واحد	کرمانشاه Kermanshah	اسلام آباد Eslamababd	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kangavar	روانسر Ravansar
آب مجازی Virtual water	(متر مکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	0.59	0.554	0.624	0.605	0.437	0.444
سهم آب مجازی آبی Share of blue virtual water	%	98.7	98.6	98.5	99.1	98.4	98.3

جدول ٦- آب مجازی جو آبی در استان کرمانشاه (متر مکعب بر کیلوگرم)

Table 6– Virtual water of Barley in Kermanshah Province (m^3/kg)

شهرستان	واحد	کرمانشاه Kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kanghavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
آب مجازی Virtual water	(متر مکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	2.78	2.86	2.62	2.53	2.26	3.02	2.02	1.79	1.36	1.19	1.49
سهم آب مجازی آبی Share of blue virtual water	%	82.1	78.6	84.6	84.0	73.9	80.6	50.0	61.1	46.2	58.3	60.0
سهم آب مجازی سبز Share of green virtual water	%	17.1	23.6	16.2	17.2	24.3	16.8	51.0	38.3	58.5	40.8	39.3

مطابق جدول ۷ میزان آب مجازی محصول ذرت‌دانه‌ای بـین ۱٫۶ تا ۲٫۸ متر مکعب در کیلوگرم در بین شهرستان‌های استان قـرار دارد. همچنین سهم آب مجازی آبی این محصول در اغلب شهرستان‌هـای استان تقریبا حدود ۱۰۰ درصد می‌باشد.

جدول ۷- آب مجازی ذرت دانه‌ای در استان کرمانشاه (متر مکعب بر کیلوگرم)

Table 7- Virtual water of Maize in Kermanshah Province (m^3/kg)

	واحد	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kanghavar	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
آب مجازی Virtual water	(متر مکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	2.6	2.5	2.4	2.3	1.9	2.5	2.1	2.8	2	2.2	1.6
سهم آب مجازی آبی Share of blue virtual water	%	99.5	99.3	99.6	99.8	99.3	99	99.4	99.5	97.5	98.2	95.2
سهم آب مجازی سبز Share of green virtual water	%	0.5	0.7	0.4	0.2	0.7	1	0.6	0.5	2.5	1.8	4.8

جدول ۸- آب مجازی گوجه‌فرنگی در استان کرمانشاه (متر مکعب بر کیلوگرم)

Table 8– Virtual water of tomato in Kermanshah Province (m^3/kg)

شهرستان	واحد	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kanghavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
آب مجازی Virtual water	(متر مکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	0.363	0.344	0.373	0.361	0.354	0.323	0.385	0.293	0.372	0.133	0.093	0.095
سهم آب مجازی آبی Share of blue virtual water	%	99.2	99.0	99.2	99.6	98.8	99.1	98.7	98.9	99.3	90.2	86.2	84.6
سهم آب مجازی سبز Share of green virtual water	%	0.8	1.0	0.8	0.4	1.2	0.9	1.3	1.1	0.7	9.8	13.8	15.4

در جدول ۸ میزان آب مجازی محصول گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفته است که بین ۰,۰۹۳ تا ۰,۳۸۵ متر مکعب بر کیلوگرم در بین شهرستان‌های استان قرار دارد. سهم آب مجازی آبی این محصول در اغلب شهرستان‌ها حدود ۱۰۰ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده اتکای کامل تولید این محصول به آب‌های سطحی و زیرزمینی است.

در جداول ۹ مقدار آب مجازی محصولات گندم، جو و نخود دیم به تفکیک شهرستان‌ها آورده شده است. مقدار آب مجازی محصول گندم دیم بین ۱,۴ تا ۴ متر مکعب بر کیلوگرم است که حداقل مقدار آب مجازی معادل در شهرستان گیلانغرب و بیشترین مقدار مربوط به شهرستان اسلام‌آباد می‌باشد. مقدار آب مجازی محصول جو دیم بین ۱,۹ تا ۴,۳۵ متر مکعب بر کیلوگرم است که حداقل و حداکثر مقدار آب مجازی به ترتیب مربوط به شهرستان‌های گیلانغرب و ثلاث می‌باشد. مقدار آب مجازی محصول نخود دیم بین ۰,۸ تا ۴,۳ متر مکعب بر کیلوگرم است که حداقل مقدار آن مربوط به شهرستان سنقر و حداکثر مقدار آب مجازی در شهرستان‌های جوانرود می‌باشد.

در بخش دوم نتایج به پهنه‌بندی مناطق استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی پرداخته شده است.

محصول گندم آبی: مطابق جدول ۱۰ حدود۶۰ درصد از سطوح زیرکشت گندم آبی در شهرستان‌های کرمانشاه، صحنه، هرسین، سنقر قرار دارند که بر اساس نتایج پهنه‌بندی در جدول ۱۱ این مناطق از نظر مقدار و ارزش آب مجازی در نامطلوب‌ترین وضعیت و در کلاس I قرار دارند. لذا پیشنهاد می‌گردد منابع ارزشمند آب به تولید محصولاتی با بهره‌وری بالاتر اختصاص یابند، اما با توجه به استراتژیک بودن محصول گندم و اهمیت آن در تامین امنیت غذایی پیشنهاد می‌گردد در جهت بهبود وضعیت آب مجازی این محصول تمهیدات مناسبی اتخاذ گردد که مهم‌ترین اقدام در این خصوص، افزایش عملکرد محصول می‌باشد.

جدول ۹- آب مجازی گندم، جو و نخود دیم در شهرستان‌های استان کرمانشاه (متر مکعب بر کیلوگرم)

Table 9- Virtual Water of rainfed Wheat, Barley and Chickpea in Kermanshah province (m^3/kg)

محصول	واحد	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eshamabad	صحنه Shahne	هرسین Harsin	کنگاور Kanghavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
گندم دیم Rainfed Wheat	(متر مکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	2.2	4	2.2	2	2.8	3.2	3.2	3	3.7	2.3	1.4	1.7
جو دیم Rainfed Barley	(متر مکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	2.30	4.00	2.10	2.10	2.90	3.40	3.89	3.28	4.35	3.40	1.90	2.30
نخود دیم Rainfed Chickpea	(متر مکعب بر کیلوگرم) m^3/kg	1.9	2.1	2.7	1.8	1.5	0.8	4.3	2.5	3.4	2.5	2.4	3.1

جدول ۱۰- درصد سطح زیر کشت محصولات در شهرستان‌های استان کرمانشاه
Table 10- Cultivated area of products in Kermanshah province

محصول	واحد	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kanghavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
گندم آبی Wheat	درصد	39	6.3	8.3	6.3	6.3	6.5	0.3	6.2	1.5	1.5	5.8	11.7
ذرت دانه‌ای Maize	درصد	46.6	0.5	1.4	5.1	5.5	0	0.1	12.5	0.8	0.4	14.2	15.5
گوجه فرنگی tomato	درصد	55.4	1.6	3.2	1.3	1.6	0.3	1.2	29.4	0.1	0.2	0.8	2.6
چغندرقند Sugarbeet	درصد	21.3	34.2	20.1	13.2	19.3			0.3				
جو آبی Barley	درصد	24.6	3.6	21.7	7.2	10.1	29.1	0.04	1.4	0	0.9	0.4	0.7
گندم دیم Rainfed Wheat	درصد	26.4	13.0	3.2	1.7	2.9	16.6	2.5	6.0	5.1	3.2	5.0	3.9
جو دیم Rainfed Barley	درصد	44.9	12.3	4.5	3.5	6.5	8.7	1.1	3.7	1.5	0.1	2.4	1.2
نخود دیم Rainfed Chickpea	درصد	33.1	11.9	2.3	5.0	2.3	14.6	2.7	8.1	2.3	0.1	5.0	0.7

جدول ۱۱- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول گندم آبی
Table 11- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of wheat

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور kangavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
VW مقدار آب مجازی	I	D	I	I	D	I	C	C	I	D	F	F
UVW ارزش آب مجازی	I	D	I	I	D	I	B	B	I	D	H	H

لذا اگرچه گندم آبی استان در سال ۹۴-۹۳ با عملکرد ۴۲۲۰ کیلوگرم در هکتار دارای رتبه سوم کشوری بوده اما همچنان با عملکرد برتر گندم آبی کشور در سال مزبور که معادل ۵۴۶۲ کیلوگرم در هکتار فاصله دارد (۱۵)، لذا انجام اقدامات به‌زراعی و به‌نژادی در راستای بهبود عملکرد محصول الزامی است. همچنین با اتخاذ راهکارهایی همچون افزایش قیمت محصول، بهبود سیاست‌های حمایتی و آموزشی می‌توان نسبت به افزایش ارزش آب مجازی و همچنین کاهش مقدار آب مجازی اقدام و جایگاه این محصول را در پهنه‌بندی بهبود داد.

محصول ذرت دانه‌ای: مطابق نتایج تحقیق حدود ۸۰ درصد ذرت دانه‌ای استان در مناطقی تولید می‌شود که مطابق جدول ۱۲ از نظر میزان و ارزش آب مجازی در موقعیت نامطلوب و یا متوسط قرار دارد. لذا علی‌رغم اینکه استان کرمانشاه با ۱۰ درصد از کل تولید ذرت دانه‌ای دارای رتبه سوم کشوری می‌باشد (۱۵)، اما توسعه کشت این محصول از لحاظ میزان و ارزش آب مجازی به صرفه نیست ضمن اینکه بدلیل وابستگی بالای این محصول به منابع آب آبی (بیشتر از ۸۸ درصد) ذرت دانه ای محصول مناسبی در شرایط اقلیمی فعلی استان نمی‌باشد. لذا توصیه می‌شود این محصول با سایر محصولات به گونه‌ای جایگزین گردد که ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، وضعیت اقتصادی و معیشت کشاورزان را بهبود ببخشد.

مطابق نتایج تحقیق معادل ۸۶ درصد سطح زیر کشت محصول جوآبی در شهرستان‌هایی قرار دارد که مطابق جدول ۱۳ وضعیت آب مجازی مناسبی ندارند. خصوصا در شهرستان سنقر، محصول جو آبی با ۲۹ درصد سطح زیر کشت از نظر مقدار و ارزش آب مجازی در بدترین وضعیت قرار دارد. لذا پیشنهاد می‌شود با توجه به سطح بالای زیرکشت جو آبی در استان نسبت به ارتقاء عملکرد محصول اقدام نمود. جوآبی استان در سال ۹۴-۹۳ با عملکرد ۳۹۲۱ کیلوگرم در هکتار رتبه چهارم کشوری را دارد (۱۵) که می‌توان با اجرای اقدامات به‌زراعی عملکرد این محصول را ارتقا داد. همچنین می‌توان با افزایش قیمت محصول و توسعه کشت محصول در مناطق مناسب در راستای بهره‌گیری هر چه بیشتر از منابع آب سبز، نسبت به بهبود وضعیت محصول از لحاظ مقدار و ارزش آب مجازی اقدام نمود.

جدول ۱۲- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول ذرت دانه‌ای

Table 12- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of Maize

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kangavar	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Ghilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
VW مقدارآب مجازی	F	F	D	D	B	F	D	F	B	D	B
UVW ارزش آب مجازی	H	H	D	D	C	H	D	H	C	D	C

جدول ۱۳- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول جو آبی

Table 13- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of Barley

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kangaar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Ghilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
مقدار آب مجازی VW	F	F	F	F	D	I	D	D	C	C	C
ارزش آب مجازی UVW	H	H	H	H	D	I	D	D	B	B	B

جدول ١٤- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول گوجه‌فرنگی

Table 14- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of tomato

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kangavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
مقدار آب مجازی VW	E	E	E	E	E	B	E	B	E	A	A	A
ارزش آب مجازی UVW	G	G	G	G	G	C	G	C	G	A	A	A

محصول گوجه‌فرنگی: مطابق جدول ۱۴ در تمامی شهرستان‌ها این محصول دارای مقدار حداقل مقدار مصرف آب مجازی است. از لحاظ ارزش آب مجازی به استثنای شهرستان‌های قصرشیرین، گیلانغرب و سرپل‌ذهاب که در شرایط ایده‌آل قرار دارند سایر شهرستان‌ها دارای مقدار پایین و متوسط ارزش آب مجازی می‌باشند. وضعیت مطلوب محصول از لحاظ مقدار آب مجازی بواسطه عملکرد بالای این محصول است. با این حال به دلیل وابستگی تقریبا ۱۰۰ درصدی این محصول به آب آبی و لزوم تامین بیشترین آب مورد نیاز این محصولات از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه و با توجه به شرایط وخیم آبی پیشنهاد می‌گردد، محصولات جایگزین در الگوی کشت منطقه قرار گیرد.

محصول چغندرقند: مطابق نتایج این مطالعه در جدول ۱۵ محصول چغندرقند در شهرستان‌های زیر کشت از نظر مقدار آب مجازی وضعیت مطلوب و از لحاظ ارزش آب مجازی در شرایط متوسطی قرار دارد. با این‌حال محصول چغندرقند همانند سایر محصولات بهاره نیاز آبی بالایی دارد و با توجه به تامین حداکثر نیاز آبی خود از آب‌های سطحی و زیر زمینی، محصول مناسبی در شرایط اقلیمی استان نمی باشد. لذا توسعه کشت این محصول منجر به ناپایداری در وضعیت منابع آب استان خواهد شد. اما با تغییر تاریخ کشت محصول چغندرقند از بهار به پاییز در مناطق گرمسیر استان و افزایش سهم منابع آب سبز در تولید این محصول می‌توان هدر رفت منابع ارزشمند آب را تا میزان قابل‌توجهی کاهش داد. لذا با توجه به درآمدزایی محصول چغندرقند، تبحر خاص کشاورزان استان در زمینه تولید این محصول و هم چنین با عنایت به انجام اقداماتی از جمله استفاده از بهترین بذور و کنترل بیماری‌هایی نظیر ریشه‌ریشی (رایزومانیا) در استان طی سال‌های اخیر، کشت پاییزه این محصول دارای مزیت تولید خواهد بود.

جدول ۱۵- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول چغندرقند
Table 15- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of sugarbeet

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kangavar	روانسر Ravansar
مقدار آب مجازی VW	E	B	E	E	E	A
ارزش آب مجازی UVW	G	C	G	G	G	A

جدول ۱٦- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول گندم دیم
Table 16- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of of rainfed Wheat

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kangavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Ghilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
مقدار آب مجازی VW	D	I	D	B	D	I	I	F	I	D	B	B
ارزش آب مجازی UVW	D	I	D	C	D	I	I	H	I	D	C	C

محصول گندم دیم: در خصوص تولید گندم دیم مطابق نتایج مطالعه در جدول ۱۶ به استثنای شهرستان‌های هرسین، گیلانغرب و سرپل‌ذهاب، سایر مناطق استان از لحاظ میزان و ارزش آب مجازی گندم دیم در شرایط متوسطی قرار دارند. ضمن اینکه شهرستان‌های اسلام‌آباد، سنقر، جوانرود و ثلاث در کلاس I و در نامطلوب‌ترین وضعیت قرار دارد یکی از دلایل مهم این مساله، پایین بودن عملکرد این محصول می‌باشد. متوسط عملکرد محصول در استان طی سال ۹۴-۹۳ معادل ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در صورتی که عملکرد گندم دیم در همان سال در کشور معادل ۱۰۴۳ کیلوگرم در هکتار بوده است (۱۵) لذا استان کرمانشاه از لحاظ عملکرد این محصول، جایگاه مناسبی ندارد. با عنایت به اینکه ۴۰ درصد سطح زیرکشت محصولات زراعی استان به گندم دیم اختصاص دارد و همچنین با توجه به گرایش کشورها به تولید و تجارت محصولات دیم بواسطه وابستگی کامل به منابع آب سبز پیشنهاد می‌گردد در خصوص افزایش عملکرد و همچنین قیمت این محصول تدابیر مناسبی اتخاذ گردد.

محصول جودیم: مطابق جدول ۱۷ تولید جو دیم باستثنای شهرستان‌های کرمانشاه، صحنه، هرسین، کنگاور، گیلانغرب و سرپل‌ذهاب در سایر مناطق استان در شرایط نامناسبی از لحاظ مقدار و ارزش آب مجازی قرار دارد. با توجه به اینکه استان از لحاظ سطح زیر کشت این محصول، رتبه سوم کشوری را داراست (۱۵) و همچنین به واسطه وابستگی کامل این محصول به آب سبز، ضرورت دارد نسبت به ارتقا جایگاه این محصول از لحاظ مقدار و ارزش آب مجازی اقدام نمود. یکی از مهم‌ترین راهکارها در این خصوص؛ ارتقا عملکرد محصول است. مطابق آمار سال ۹۴-۹۳ عملکرد محصول جودیم در استان با عملکرد این محصول در استان قم به عنوان استان برتر که معادل ۴۱۵۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، فاصله زیادی دارد (۱۵). لذا لزوم اتخاذ راهکارهای به زراعی و بهبود سیاست‌های قیمت‌گذاری می‌تواند در افزایش میزان و ارزش آب مجازی محصول بسیار اثرگذار باشد.

محصول نخود دیم: مطابق جدول ۱۸ به استثنای شهرستان‌های جوانرود و ثلاث که برای تولید محصول نخود دیم بیشترین مصرف آب مجازی و حداقل ارزش آب مجازی را دارند. سایر شهرستان‌ها از لحاظ مقدار و ارزش آب مجازی برای این محصول در وضعیت متوسطی هستند.

جدول ۱۷- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول جودیم
Table 17- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of of rainfed Barley

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kanghavar	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Ghilangharb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
مقدار آب مجازی VW	B	I	B	B	D	I	I	I	I	I	B	B
ارزش آب مجازی UVW	C	I	C	C	D	I	I	I	I	I	C	C

جدول ۱۸- پهنه‌بندی شهرستان‌های استان بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصول نخود دیم

Table 18- Zoning of cities based on the amount and value of virtual water product of of rainfed Chickpea

	کرمانشاه kermanshah	اسلام آباد Eslamabad	صحنه Sahne	هرسین Harsin	کنگاور Kanghavr	سنقر Songhor	جوانرود Javanrood	روانسر Ravansar	ثلاث Salas	قصر شیرین Ghasrshirin	گیلانغرب Gilangarb	سرپل ذهاب Sarpolzahab
مقدار آب مجازی VW	D	D	D	D	C	A	I	D	I	D	D	H
ارزش آب مجازی UVW	D	D	D	D	B	A	I	D	I	D	D	F

دلیل اصلی اینکه مناطق مختلف استان وضعیت چندان مطلوبی از نظر مقدار آب مجازی در تولید نخود دیم ندارند ناشی از عملکرد پایین محصول می‌باشد. در سال زراعی ۹۴-۹۳ عملکرد نخود دیم استان حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است در صورتی‌که متوسط عملکرد نخود کشور ۴۰۲ کیلوگرم در هکتار و عملکرد نخود استان کهکیلویه و بویراحمد به عنوان استان اول در این خصوص معادل ۱۶۵۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (۱۵). لذا با عنایت به اینکه استان کرمانشاه با ۲۶ درصد سطح زیر کشت محصول نخود، رتبه اول سطح زیرکشت در کشور را دارا است (۱۵) و همچنین با توجه به طعم بی‌نظیر نخود استان لازم است با اتخاذ تمهیدات لازم نظیر به‌نژادی و به‌زراعی، همچنین بهبود قیمت‌گذاری مناسب، توسعه کشت مکانیزه نخود پاییزه و ترغیب بهره‌برداران در این‌خصوص، زمینه کاهش مصرف آب مجازی و همچنین افزایش ارزش آب مجازی این محصول را فراهم آورد. ضمن اینکه این تدابیر منجر به افزایش مزیت تولید محصول در استان و افزایش قدرت رقابت‌پذیری این محصول در مقابل واردات نخود توسط رقبای خارجی خصوصا کشور روسیه افزایش یابد.

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که محصولات چغندرقند و گوجه‌فرنگی از لحاظ مقدار و ارزش آب مجازی شرایط مناسبی در اغلب مناطق استان دارند، اما با توجه به اتکای کامل این محصولات به منابع آب آبی توصیه می‌شود با اتخاذ راهکارهایی همچون تغییر زمان و مکان کشت، بهره‌وری از منابع آب سبز را در تولید این محصولات به حداکثر رساند. همچنین در خصوص محصولات عمده شامل گندم، جو و نخود علیرغم این که محصولات مزبور از لحاظ مقدار و ارزش آب مجازی وضعیت مناسبی در پهنه‌بندی شهرستانها ندارد، اما بواسطه جایگاه این محصولات در معیشت پایدار، حذف و جایگزینی آنها امکان‌پذیر نبوده و ملاحظات سیاسی در راستای خودکفایی کشور می‌طلبد که سیاست‌گزاران بخش کشاورزی با انجام تمهیدات مناسب نسبت به برنامه‌ریزی درخصوص تولید پایدار این محصولات اقدام نمایند. انجام امور به‌زراعی، به‌نژادی، تغییر فصل‌کشت مطابق شرایط اقلیمی، توسعه کشت در مناطق مناسب و همچنین اعمال سیاست‌های مناسب قیمت‌گذاری و حمایتی از جمله آموزش بهره‌برداران، بهبود ساز و کار مناسب بیمه و ... خصوصا در مورد محصولات گندم، جو و نخود دیم که حدود ۸۰ درصد از کل سطح زیر کشت زراعی استان را به خود اختصاص داده‌اند و به دلیل اتکا به نزولات جوی، محصولات مناسبی در تولید و صادرات محسوب می‌شوند بسیار اثربخش خواهد بود.

منابع

1- Abedi S., TAHAMI PM. 2017. Measurement and Analysis of Virtual Water Trade Balance in Agriculture Sector of Zanjan Province. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 472: 805-814. (In Persian)

2- Ahadiat M., Farhadian H., and Choobchian S. 2016. The role of green water, blue water, gray water and virtual water in agriculture, International Congress on Engineering Innovation and Technology Development, 16-18 FEB 2016, Tabriz, Iran. (In Persian)

3- Aldaya M.M., Hoekstra A.Y., and Allan J.A. 2010. Strategic importance of green water in international crop trade.Ecological Economics 69(4): 887- 894.

4- Aligholinia T., Rezaie H., Behmanesh J., and Montaseri M. 2016. Presentation of water footprint concept and its evaluation in Urmia lake watershed agricultural crops. J. WaterSoil Cons. 23: 337-344. (In Persian)

5- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration: guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome.

6- Babazadeh H., and Saraei Tabrizi M. 2012. Evaluation of agricultural situation of Hormozgan province for virtual water perspective. Water Research in Agriculture (Soil and Water Sciences) (26): 485–489. (In Persian)

7- Bagheri Khalili Z., Khoshravesh M., and Ghaffari M. 2016. Investigation and Comparison the Amount of Virtual Water for Soybean and Rice in Mazandaran Province 2(1): 59-74. (In Persian)

8- Bazrafshan O., Cheshmberah A., and Holisaz A. 2015. Trend analysis of the pan evaporation in different climates of

Hormozgan province. Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources 4(2): 171-176.
9- Chapagain A.K., and Hoekstra A.Y. 2004. Water footprints of nations, Value of WaterResearch Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
10- Ghasemi Azadkhani M. 2014. Drought status survey in Kermanshah province (1988-2013) and appropriate strategies and mitigate its effects. Third Agricultural and Sustainable Development Conference. Opportunities and Challenges, Shiraz, Faculty of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, Shiraz.
11- Ghoddusi H., and Davari H. 2016. Critically analysis of virtual water from the perspective of policy-making, Journal of Water and Sustainable Development 3(1): 47-58. (In Persian)
12- Gholam Hosein Pour Jafari Nejad A., Alizadeh A., Nashat A., and Abolhasani Zeraatkar M. 2014. Iranian Journal of Irrigation & Drainage 8(2): 325- 335. (In Persian)
13- Fader M., Gerten D., Thammer M., Heinke J., Lotze-Campen H., Lucht W., and Cramer W. 2011. Internal and external green–blue agricultural water footprints of nations, and related water and land savings through trade. Hydrol. Hydrology and Earth System Sciences 15(5): 1641-1660.
14- Khoramivafa M., Nouri M., Mondani F., and Veisi H. 2017. Evaluation of Virtual Water, Water Productivity and Ecological Footprint in Wheat and Maize Farms in West of Iran: A Case Study of Kouzaran Region, Kermanshah Province. Journal of Water and Sustainable Development 3(2): 19–26. (In Persian)
15- Liu S. 2013. Virtual water and the optimization of industrial structure of agriculture in Shandong Province, J Glaciol Geocryol. 25(6): 692–700.
16- Marc J., Ventresca and John W., Mohr. 2002. *Archival Research Methods.* In: Baum, Joel, (ed.) The Blackwell Companion to Organizations. 805-828. ISBN 978-0631216940.
17- Mekonnen M.M., and Hoekstra A.Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrology and Earth System Sciences 15: 1577-1600.
18- Ministry of Jahade Keshvarzi. 2015. Statistical Book, Vol. 1, Agricultural Crops, Agricultural Year: 2014-2015.
19- Mirasi S., Rahnama H., and Elyasi M. 2013. Groundwater level drawdown and occurrence land subsidence phenomenon in Marvdasht Plian, Fars. International Conference on Enviromental Crisis and its Solution.Kish, Iran.
20- Mirchooli F., Soltani koopahi S., and Faramarzi M. 2018. Evaluation of Virtual Water Transactions and Water Footprints of Some Agricultural Products in Iran, Iranian Journal of Water Research 10(20). (In Persian)
21- Mirzavand M., and Imani R. 2014. Determining the Optimal Cropping Pattern Based on Virtual Water Concept and Economic Profitability for Water Crisis Prevention: A Case Study of Kashan Plain, Isfahan Province, Iran. International Bulletin of Water Resources & Development 3(4): 51-59.
22- Omidi F., and Homaee M. 2015. Deriving crop production functions to estimate wheat virtual water and irrigation water price. Journal Management System 5(2): 131- 143. (In Persian)
23- Rojhani Shirazi N., Ahmadi S.H. Kamgar Haghighi A.A., and Sepaskhah A.R. 2016. Spatial and temporal distribution of virtual water of irrigated and rainfed wheat in Fars province, 2016. Sixth national conference on water resources management, At Kurdistan University, Sanandaj City.
24- Salari S., Karandish F., and Darzi nafti Chaly A. 2015. Temporal and spatial analysis of Sistan and Baluchestan province Wheat virtual climate change.Journal of Irrigation and Water Engineering. Issue eighteenth, Page 81. (In Persian)
25- Shahlaii M.R. 2017. Risk of subsidence in several plains of Kermanshah 11 September 2017. Available at http://www.ion.ir/news/258350/
26- Sharghi T., Bari Abarghuei H., Asadi M.A., Kousari M.R. 2010. Estimation of reference evapotranspiration using FAO-Penman-Monteith method and its zonation in Yazd province. ARID BIOM SCIENTIFIC AND RESEARCH JOURNAL FALL 1(1): 25-33.
27- Tahami Poorzandi M. 2016. Virtual water, Review of experiences and studies in Iran and World. Deputy Head of Infrastructure Research and Manufacturing, http://rc.majlis.ir/fa/report
28- Vanham D. 2013. An assessment of the virtual water balance for agricultural products in EU river basins.Water Resources and Industry 1-2: 49–59.
29- Yang H., and Zehnder A. 2006. Virtual water: An unfolding concept in integrated water resources management. Water Resources Research 43:12.
30- Zare Abyaneh H., Aram H., and Akhavan S. 2015. Assessment of virtual water trade volume of main crops in Hamedan province. Iran Water Research Journal 9(3): 151-161.
31- Zhang C., McBean E. A., and Huang J. 2014. A Virtual Water Assessment Methodology for Cropping Pattern Investigation" Water Resour Manage 28: 2331–2349.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 2, May-June 2020, p. 287-300

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۹، ص. ۳۰۰-۲۸۷

The Zoning of Kermanshah Province Townships Based on Virtual Water Content and Value among Major Crops

N. Afshar Bakeshloo[1]- K. **Zarafshani**[2]*- **B. Farhadi Bansouleh**[3]

Received: 23-06-2019
Accepted: 09-02-2020

Introduction: Kermanshah Province with one million hectares of arable land play an important role in food security and economy of Kermanshah province. For example, Kermanshah province holds third in wheat yield per hectare; second in chickpea production; third in maize production; third in sugar beet yield per hectare; and seventh in tomato production. However, unsustainable behavior of farmers in one hand and overuse of water consumption have depleted water reserves which in turn has developed “prohibited plains” in the region. For example, several regions such as Mahidasht, Islamabad, and Kangavar are consider as forbidden areas and still extending in size. In addition, with the continued overuse of water resources we will soon experience huge sinkholes across the province. Therefore, there is a need to study the content and value of virtual water in order to zone cultivated areas based on virtual water. This could be an effective way to maintain water resources and prevent environmental crises.

Materials and Methods: This study used quantitative documentary research method. Using secondary data source, we collected data from various sources such as FAO data bank, Agricultural Jihad Organization data source, Meteorological organization, Agricultural Research Center, and Department of Soil and Water Management. This documentary research sought to investigate the content and value of virtual water used in irrigated and rainfed farming across wheat, barley, chickpea, maize, sugar beet, and tomatoes during 2014-2015 using CROPWAT, AGWAT, and EXCEL software. In addition, the share of green and blue virtual water was estimated in the study. Finally, 12 provinces were zoned from classes A to Z based on virtual water content and value of the products.

Results and Discussion: Results revealed that wheat with ۱,۹۶ to ۳,۶۸ m^3/kg is the most consumable product that about 60 percent of the cultivated areas of wheat are located in areas of the province that are inappropriate in terms of content and value of virtual water. Also, tomato with the value of 0.09 to 0.38 m^3/kg had the lowest virtual water content and average value of virtual water. According to the results, the sugar beet product is in desirable condition in terms of virtual water content and had moderate conditions in virtual water value. Finally, about 80% of maize produced in areas that are not in a desirable position in terms of virtual water content and value.

Results of green and blue virtual water showed that spring products such as sugar beet, tomatoes and maize received their water requirement from surface and groundwater resources. In addition, the largest blue component of wheat was related to Harsin city and the lowest was related to Javanrod city. For irrigated barley, the smallest and the largest share of blue virtual water were related to cities of Qasr Shirin and Sahne respectively.

Conclusion: Overall, the results of this study revealed that irrigated wheat and barley have a poor condition in terms of the content and the value of virtual water. However, since wheat and barley are considered as a strategic products policymaker should take appropriate measures in order to provide sustainable cultivation of wheat and barley. For example, improved farming, plant breeding, changing the growing season according to climatic conditions, developing cultivation in suitable areas, as well as applying appropriate pricing and support policies, including training of beneficiaries, and improving insurance policies could provide appropriate measures if Iran is to be self-sufficient in wheat and barley production.

Results of this study has practical significance for agricultural policymakers in Iran in general and Kermanshah province in particular. For example, zoning of crop cultivation based on the content and value of

1 and 2- Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Agricultural Extension & Education Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.
(*- Corresponding Auther Email: zarafshani2000@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
DOI: 10.22067/jsw.v34i2.80866

virtual water provided in this study can be an effective tool in modelling cropping pattern and sound water management policies. In addition, effective cropping pattern as well as sound water management resources would encourage farmers to engage in climate smart agriculture. Moreover, cultivation zoning based on content and value of virtual water is considered as a climate smart agriculture technique. This in turn would create resilient farming system in the study area. Through resilient farming system, farmers better adapt to climatic condition more effectively.

Keywords: Virtual water, Green virtual water, Blue virtual water, Virtual water value, Zoning